

西南交通大学出版社

冯景之 编

微型计算机控制



清华大学出版社
TONG

微 型 计 算 机 控 制

冯景之 主编

张鸿哲 主审

西南交通大学出版社

微 型 计 算 机 控 制

冯景之 主编

张鸿哲 主审

*

西南交通大学出版社出版发行

(成都 二环路北一段 610031)

郫县印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:19.375

字数:474千字 印数:1—1000册

1996年12月第1版 1996年12月第1次印刷

ISBN 7—81057—054—4/T·231

定价:23.00元

前 言

计算机控制是一项先进控制技术,它已在国民经济各个领域,以至人们的日常生活中得到了广泛的应用,并取得了明显的效益。

为了适应我国铁路现代化建设的需要,必须加快培养能掌握计算机控制理论、设计和工程应用的高级技术人材。根据铁道部“铁路高等学校计算机、自动控制、工业电气自动化专业教学指导委员会”的教材建设规划,编写本教材。

计算机控制是自动控制理论、计算机技术和现代检测技术相结合的综合应用技术,涉及面广,但有自己的体系。本教材重点阐述计算机控制系统的设计及工程实现。全书共分十章。第一章为绪论;第二章讨论了计算机控制系统中的信号特性及其变换处理;第三章阐述了计算机控制系统的数学模型及其相互转换。以上三章是计算机控制系统分析与设计以及拟定控制算法的理论基础;第四、五、六章,重点讲述了计算机控制系统数字控制器的各种工程设计方法,这是全书核心内容之一,计算机控制系统的一个重要设计内容就是控制器的设计。第七、八、十章,讨论了计算机控制系统的工程实现方法,主要是指硬件系统、软件系统和可靠性等方面的工程设计问题。这也是全书的核心内容之一,它给出了计算机控制系统工程实现的技术手段和系统的建造方法。第九章列举了几个典型应用实例,以说明计算机控制系统的具体设计方法和过程及在铁路工业生产和铁路运输中的一些具体应用。各章附有习题。第七、八、九章重点结合课程设计进行综合练习。

本教材是高校重点课程《计算机控制》的教学用书,主要适用于自动控制专业、工业自动化专业、机械电子专业、铁路运输控制与自动化专业、计算机应用专业及其相近专业的高年级大学生和研究生。对其它专业的教师、研究生以及从事计算机控制技术工作的工程技术人员也是一本有益的参考书。

本教材由冯景之担任主编。其中第二、六章由卢宝光编写。其余各章由冯景之编写,全出由冯景之统稿。本教材由张鸿哲教授担任主审,他在百忙中详细审阅了全部书稿,提出了许多宝贵的建议。铁道部教学指导委员会和大连铁道学院、兰州铁道学院、华东交通大学、西南交通大学等高校的各位专家进行了评审。作者对张鸿哲教授和参加评审的各位专家表示衷心的感谢。靳番教授和荣德善教授自始至终关心和支特作者编写和出版这本教材,在此对他们表示诚挚的谢意。由于本人水平有限,教材中难免存在不足和缺点,恳切希望得到专家和读者的批评指正。

作 者

一九九五年八月

目 录

第一章 绪 论	1
§ 1—1 计算机控制的一般概念及其在生产过程控制中的作用	1
§ 1—2 计算机实时控制系统的组成	4
§ 1—3 计算机控制系统的典型应用	7
习题与思考题	10
第二章 计算机控制系统中的信号特性	11
§ 2—1 计算机控制系统中的信号变换	11
§ 2—2 信号的采样与量化	13
§ 2—3 信号重构与工程实现	19
习题与思考题	23
第三章 计算机控制系统的数学模型及其相互转换	24
§ 3—1 概 述	24
§ 3—2 计算机控制系统的时域描述——差分方程	24
§ 3—3 计算机控制系统的 Z 域模型	28
§ 3—4 计算机控制系统的状态空间描述	33
§ 3—5 线性离散状态方程求解及系统分析	45
习题与思考题	48
第四章 计算机控制系统的等效离散化设计	50
§ 4—1 等效离散化的设计方法	50
§ 4—2 应用 Z 变换的设计方法	51
§ 4—3 一阶差分法	56
§ 4—4 PID 调节原理及其离散化——数字 PID 调节器	64
§ 4—5 PID 算法的改进及发展	70
§ 4—6 PID 调节器参数的工程整定	79
§ 4—7 采样频率的工程确定	82
习题与思考题	84
第五章 计算机控制系统的直接离散设计	86
§ 5—1 根轨迹设计法—— Z 平面设计	86
§ 5—2 频域设计法—— W 平面设计	91
§ 5—3 解析设计法	95

§ 5—4 纯滞后系统数字控制器的设计	109
习题与思考题	119
第六章 复杂系统计算机控制的设计方法	121
§ 6—1 系统优化设计概述	121
§ 6—2 状态反馈极点配置设计	124
§ 6—3 状态估值(观测)器设计	137
§ 6—4 状态反馈极点配置设计法的应用	142
§ 6—5 线性离散调节器优化设计	151
§ 6—6 多变量系统解耦控制	158
习题与思考题	164
第七章 计算机控制系统的工程实现(一)	166
§ 7—1 总线技术	166
§ 7—2 过程通道结构设计	183
§ 7—3 模拟量输入通道设计	192
§ 7—4 模拟量输出通道设计	207
§ 7—5 通用 A/D 和 D/A 模板的设计及系统的模块化设计	213
第八章 计算机控制系统的工程实现(二)	219
§ 8—1 设计要求、步骤及内容	219
§ 8—2 总体设计	222
§ 8—3 微型计算机控制系统的软件	225
§ 8—4 数据处理程序设计	230
§ 8—5 控制算法程序设计	237
§ 8—6 数字控制器 $D(z)$ 程序实现中的一些问题	243
第九章 计算机控制技术在铁路工业生产中的应用	253
§ 9—1 数据采集系统	253
§ 9—2 渗碳炉微机控制系统	261
§ 9—3 双闭环直流调速微机控制系统设计	267
第十章 计算机控制系统的抗干扰措施	282
§ 10—1 干扰信号及干扰源	282
§ 10—2 抗干扰的硬件措施	284
§ 10—3 软件滤波技术	290
§ 10—4 冗余技术	295
§ 10—5 软件可靠性技术	301
习题与思考题	302
参考文献	303

第一章 绪 论

§ 1—1 计算机控制的一般概念及其在生产过程控制中的作用

一、计算机控制的基本概念

在自动控制系统中,实现自动调节和实时控制的部体称之为控制器或调节器。它是整个控制系统的核心,是实现控制决策和指挥的重要环节。控制器所实现的功能应当是:

(1) 实时检测。实时采集和处理生产过程中各种过程参数或状态,并根据控制规律制定控制决策。

(2) 实时控制。根据控制决策发出控制命令,操纵各种设备,自动调节各种参数,使系统按预定的规律变化,以保证生产过程处于最佳状态。

(3) 自动处理生产过程中出现的各种紧急事件。如各种故障、超限处理等。

(4) 实现人一机联系,完善各种操作,方便人的主动参与。

下面我们通过工业生产中常用的一些自动控制系统来说明计算机控制的概念。

1. 调速系统

例如在电力机车、内燃机车、机床的电传动系统以及轧钢机、造纸机、传送带等系统中,通常采用各种类型的电机调速系统。如图 1—1—1 所示。

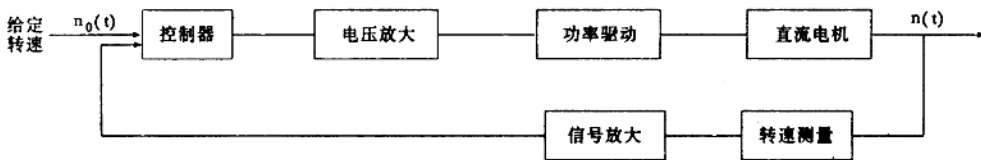


图 1—1—1 调速系统

控制器的功能是将实测转速 $n(t)$ 与给定转速 $n_0(t)$ 相比较,经判断运算后,给出控制量,经电压放大和功率驱动,调节直流电机的转速等于给定转速。

2. 温度控制系统

例如在铁路工厂中广泛应用的各种冶炼炉,热处理工艺加热炉,蒸汽锅炉以及食品工业中各种烤箱等,均采用自动温度调节系统。如图 1—1—2 所示。

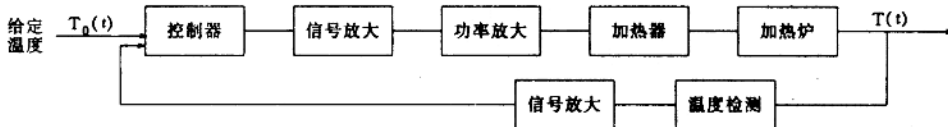


图 1—1—2 温度控制系统

控制器将实测的炉内温度 $T(t)$ 与给定温度 $T_0(t)$ 相比较并按一定规律调节加热器的功

率,保持炉内温度为给定温度。

3. 跟踪系统

例如在铁路运输系统中的编组站解挂列车的自动跟踪,行车指挥系统中的列车跟踪,铁路工厂中的数控机床伺服系统以及雷达天线,火炮跟踪系统等,通常采用位置、速度或其它函数的跟踪系统。如图 1—1—3 所示。

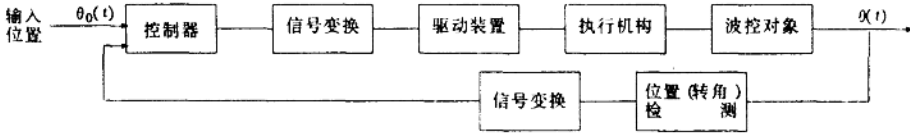


图 1—1—3 位置跟踪系统

控制器将实测位置与输入位置比较,按预定的规律控制执行机构,使被控对象的位置跟踪输入值的变化。

综合上述各种实用控制系统,就其具体结构而言,虽然千差万别,但它们都可抽象为如图 1—1—4 所示的系统。

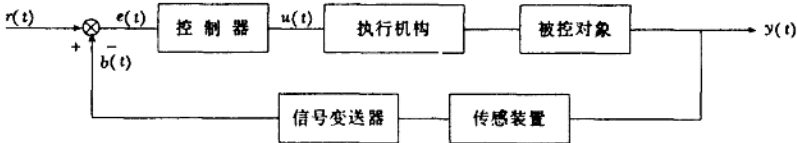


图 1—1—4 自动控制系统的一般结构

图中: $r(t)$ ——输入函数; $e(t)$ ——误差函数; $b(t)$ ——反馈函数;
 $y(t)$ ——输出函数; $u(t)$ ——控制信号。

控制系统可分为带有反馈环节的闭环控制系统和无反馈环节的开环控制系统。不论是开环系统还是闭环系统,都需要设置一个控制器,以便按照规定的数学模型和应达到的性能指标对系统进行调节和控制。这个控制器可由继电控制技术、电子电路技术、液压控制技术和计算机控制技术等多种方式实现。将控制理论和先进的计算机技术相结合,用计算机构成控制器实现预定控制称之为计算机控制。由计算机构成的控制系统称之为计算机控制系统。采用微型机构成的控制系统,称之为微型计算机控制系统。本书着重讲述微型机控制系统的有关理论,设计方法及工程实现等方面的问题。

二、采用计算机控制是必然趋势

数字计算机从 1946 年一出现,就开始研究它在生产过程控制中的应用问题。在 50 及 60 年代取得了一系列惊人成果,并研制成功一些运行良好可靠的实用系统。由于缺乏经验,特别是计算机本身的可靠性不高,造价昂贵,在应用初期,曾遇到许多技术难题。随着计算机技术的不断提高和完善,特别是 70 年代研制成功可靠、价廉、使用方便的微型计算机,再加上控制理论的深入研究和计算机控制技术的进步,在生产过程中采用计算机控制日益成熟。目前已广泛地应用于工业生产、经济管理、生物工程、航天技术等领域,甚至渗透到人们的日常生活中。例如在化工、冶金、造纸、机械加工、交通运输、家用电器等领域中的生产过程控制、机电设

备控制,电气传动装置、数控机床、工业机器人等都广泛使用计算机控制,俗称“电脑控制”。在铁路系统中,电力机车、内燃机车的自动操纵控制、磁悬浮列车的自动操纵控制、铁路行车指挥、编组站的列车编组解挂的自动控制以及铁路工业生产中各种生产设备控制等,都成功地进行了计算机控制。在某些高精复杂的系统中,计算机控制已成为不可缺少的控制方式,以至于不采用计算机控制就无法实现预定控制。

计算机为何得以这样推广和应用呢?这是由于计算机控制的优越性决定的。

(1) 计算机运算速度快,具有“分时操作功能”,可实现多回路控制和多台设备操作的集中控制。目前微型计算机的时钟已达几十兆赫兹以上,相对于慢速的生产过程而言,用一台计算机可以控制多达上百个回路的操作,这是常规仪表所不能达到的。

(2) 配置了完善的硬件和软件,使系统的控制方式灵活、功能大大增强、控制精度提高。特别是软件变得更灵活方便,可以实现各种规模和不同复杂程度的控制规律,从简单的程序控制, PID 控制到各种复杂程度的串级控制、最优控制、自适应控制以及多变量控制和高级智能控制都可实现。计算机的字长不断增加,使系统的控制精度大大提高。

(3) 系统设计和扩展灵活方便,规模可大可小。计算机控制系统目前均采用模块式结构,并推广采用各种工业过程控制用的标准总线结构,所有的部件均设计成专用的功能模板,根据系统的功能需要,可以选配各种模板,以适应不同规模的控制系统。对于简单的局部控制,可采用低档的单板机、单片机构或小型控制系统。对于较大系统的全局控制可以采用多台微型机组成分级控制系统,实现对整个企业的经营管理、信息处理、辅助设计、实时控制等各种功能的综合自动控制。

(4) 计算机具有很强的逻辑判断功能和中断处理功能,特别适合于生产过程中的实时控制。对于系统出现的各种故障、计算机都能选择合理的控制决策及时处理。

(5) 可靠性高,系统工作稳定。采用大规模集成电路,特别是单片机系统,使外部的连线大大减少。另外,计算机控制系统采用各种可靠性技术及故障诊断和自修复技术,使硬件系统和软件系统的可靠性大大提高,自然整个系统的稳定性就好。

(6) 投资费用大大降低,效益大大提高。计算机刚出现时,其体积大、价格昂贵,一度阻碍了计算机在工业控制中的应用。目前,微型机的价格比起过去同一档级的小型计算机大约降低了几十倍甚至上百倍,而功能还优于后者,因而计算机占整个控制系统的费用越来越低。又由于微型机体积小,功耗低,因而可安装在接近测量点和控制点的地方,甚至可以安装在被控设备上,构成机电一体化的控制设备。计算机控制既可提高自动化水平又可取得显著的经济效益。因此,采用计算机控制是今后自动化技术的一个主要方向。

自动控制技术由于使用了计算机这一强有力的工具,目前正在向着两个方向发展。在广度方面,应用大系统理论,正在从单一过程,单一对象的局部控制,发展到对整个工厂、整个企业的全局性综合控制,实现经营策划、生产计划、人员设备管理以及生产过程控制等全局自动化的复杂控制,勾画出一个自动化工厂的模式。在深度方面,应用以人工智能、模糊控制为基础的智能控制理论,向着智能化方向发展,使系统本身具有自学习、自组织、自行解决问题的能力。例如在系统中引入自适应、自学习的控制方法使系统通过对信息的推理分析,直观判断逐步积累经验,对各种复杂的问题均能作出正确的决策和控制操作。拟人化的智能机器人就是这种智能控制系统的典型形式。不难推想,今后计算机技术必然向着更高层次发展。例如第五代人工智能计算机和第六代模拟人脑思维的神经计算机将会给控制领域带来一场新的革

命,并将大大促进控制技术的进展。综上所述可以看出,不论广度方面,还是深度方面,要实现自动控制,都离不开计算机控制。

§ 1—2 计算机实时控制系统的组成

由于工业生产过程是多种多样的,对控制系统的要求也不尽相同,因而组成的微机控制系统的规模和功能也随之而异。一个应用于实时控制的微机控制系统必须包括硬件和软件两大部分。由主机、过程通道、接口装置、外部设备、检测与执行机构等构成了微机控制系统的硬件系统,它主要完成信息采集、信息传输和信息变换,它们构成了微机控制系统的物理基础。由系统软件和应用软件构成了控制系统的软件系统,它主要完成对硬件设备的管理和操作(系统管理程序)、信息加工处理、控制规律的实现及完成对被控制对象的控制操作等(应用软件)。下面对硬件系统和软件系统分别作一简要说明。

一、硬件系统

一个典型的微机控制系统的硬件组成如图 1—2—1 所示。主要包括以下几个部分:

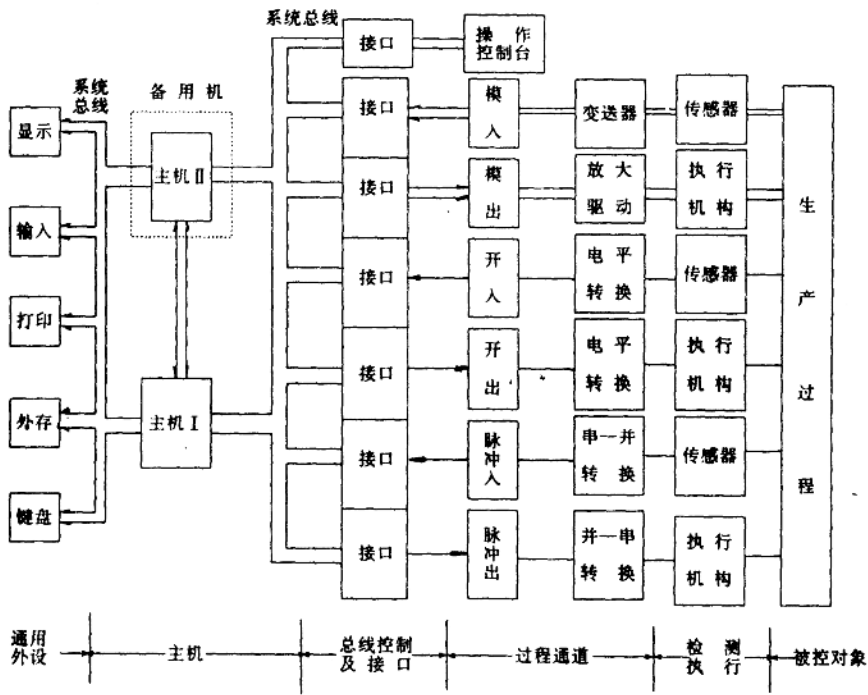


图 1—2—1 计算机控制系统硬件组成

1. 主机

主机是微型控制系统中的一个核心部件。主机的作用是,根据预先编好的程序,通过接口和过程通道完成生产过程的信息采集,数据处理和控制算法的运算,实现预定的控制规律。主

机的另一个作用是,通过接口操纵各个外部设备,完成程序的存贮、数据的显示及打印。

目前广泛采用的机型有:8位微机,如Z80、M6800、6502以及8048、8031等单板机、单片机系统。16位微机,如Intel8086,8088,80286,M68000,Z8000等系列微机以及单片机8096,8098构成的单板机系统。上述各系列微机的主时钟可以从一兆赫兹至几十兆赫兹,内存从64KB扩展到上千MB,并配置了功能完善的各种接口芯片。32位微机,如80386,80486及80960KB单片机具有很强的运算能力和中断处理功能。因而都比较适合于实时控制。目前又为各种通用微机(如IBMPC/XT)配备了各种I/O接口板和过程通道板,使之能更方便地应用于工业控制中。另外,采用微机的构成技术并考虑过程控制中的特殊问题,又研制开发了专门用于生产过程实时控制的各种级别的工业控制机,并配制了大量的过程通道板。以上都给主机的选型提供了方便和技术保障,也是主机选型的一个重要方向。

为了提高可靠性,特别是对于重要的生产过程(如化工、电力系统、铁路运输等)常采用双机系统;如图1—2—1中的I、II号主机,其中一台处于热备用状态,随时替换出故障的主机。

2. 总线、接口装置及过程通道

它是主机与外部设备、被控对象相联系的纽带。微型机计算系统总线分为内总线和外总线,内总线多采用单总线结构,如目前广泛使用的S—100总线、MULTBUS总线以及特别适用于工业控制的STD总线等各种通用标准总线。微机生产厂家又专门设计了各自的微机系统总线,如IBM—PC总线、APPLE—II总线、6800总线、TRS—80总线等。利用以上总线,可以方便地扩充存贮器、接口装置并组成规模不同的微机控制系统。外总线实现各微机系统之间各种数字设备(仪器)之间的联系和通信。目前广泛采用的有并行外总线如IEEE—488,串行总线如EIA—RS232C、RS422、RS423。接口装置、过程通道通过系统总线和微机相连,实现两者之间的数据通信。过程通道是微机控制系统中的一种专用接口,其功能是实现信息采集与转换。因此,接口设计是微机控制系统设计中的重要内容之一,智能化接口设计是目前接口设计的一个方向。过程通道分为以下几类:

(1) 模拟量输入通道。其功能是将被测物理量,如温度、压力、转角、位移等模拟电压信号采集并转换为数字量,传送给微机。由A/D转换器来完成。

(2) 模拟量输出通道。其功能是将微机输出的数字信号(控制量)转换为被控对象所要求的模拟信号,去控制工业过程。由D/A转换器来完成。

(3) 开关量输入通道。开关量是指一位数字量或二状态数字信号(1或0)。用此表示被控对象的两个物理状态(如开关的闭合与断开、被控设备的启停状态,以及某些物理量的上下限等)。开关量通道只需将被测状态信号电平转换为微机所要求的数字信号电平即可。

(4) 开关量输出通道。其功能是将微机输出的开关量控制信号(如设备的启动或停止、故障和工序显示信号等),经电平转换电路转换为执行机构所要求的电平信号。

(5) 脉冲量输入/输出通道。某些被测物理参数,如流量、转速、产量统计等通常用脉冲计数方式来计量,而某些执行机构也需要串行脉冲来控制,如步进电机。该通道就是为适应这一要求而设置的。输入通道的功能是将被测物理量的脉冲串通过串—并转换装置转换为微机所要求的并行数字量。输出通道的功能是将微机输出的并行数字量(如代表阀门开度、位移或转角大小)经并—串转换装置转换为执行机构所要求的脉冲串。

需要指出的是,由于工业过程的变化相对于高速运行的微机及其接口装置来说,要缓慢得多。为了充分发挥微型机的效率并能保证数据采集和控制操作的实时性,在每一个通道中均

应接入多路转换器(图中未画出),利用微型机的“分时操作功能”实现多路分时控制和多路巡回检测。

3. 通用外部设备

对微机控制系统而言,外部设备是不可缺少的基本设备。根据系统的功能要求,可选配以下几种标准外设:

- (1) 输入设备。如光笔、鼠标器、数字化仪、图形扫描仪等输入设备。
- (2) 输出设备。如打印机、绘图仪、记录仪及 CRT 显示器,用于数据打印制表、屏幕显示、绘制曲线或工艺流程图等。以帮助操作人员对控制过程的监视。
- (3) 外存贮器。如磁带机、磁盘机等,用于程序和数据的存取和扩充微机内存的容量。
- (4) 人机联系设备。如键盘控制台,鼠标,光笔等,用它们来实现人机之间的对话。

通用微机系统通常用的标准外设设有键盘、磁盘机、磁带机、打印制表机及 CRT 显示器。对于特殊的输入输出方式,可采用光笔、鼠标器及图形扫描仪等外设。

4. 操作控制台

为了便于操作人员了解生产过程的进程和状态,修改系统的某些参数,处理紧急事故,除了配置主机用的键盘控制台外,有时还要设置一套专供操作人员进行人一机对话的控制台,称为运行操作台,其基本组成和具备的功能如下:

(1) 显示功能。可采用 CRT 显示,也可自行设计 LED 数码管显示和灯光显示。用于数据、状态、报警、生产工艺进程和铁路行车指挥系统中的信号、进路控制监视等项的显示。

(2) 操作功能。包括数字键和功能键两大部分。操作人员可以通过功能键和数字键实现控制参数的修改、I/O 地址和程序地址的设置等操作,或选择控制方式(手动—自动切换,调试—运行切换,单步—连续切换等)及打印制表、显示数据等操作,还可向主机发出中断请求,实现系统复位操作和各种特殊情况的处理。因此运行操作台不同于由厂家配置的主机专用键盘的功能(当然可以进行重新设计和功能定义),它应当是由系统设计人员根据生产过程工艺流程及工艺操作特点和控制系统的某些特殊要求而设计的一种专用外设。

5. 检测装置及执行机构

检测装置包括传感器和变送器两大部分。其功能是将被测物理量转换为电信号并整定为过程通道所要求的标准信号(模拟信号为:0—5V、±5V、0—10V、±10V、0—10mA、4—20mA,数字信号应与微机的电平兼容)。检测装置的精度和灵敏度直接影响控制系统的品质。因此,合理地选择和设计检测装置也是系统设计中的一个重要环节。

执行机构是微机控制系统与被控对象(设备)之间的中间环节。其功能是将微机输出的控制量经过信号放大,功率放大和机电转换,实现对大功率被控设备的驱动。常用的执行机构(元件)有三大类,即电动式的(如步进电机、交、直流伺服电机、电磁阀等);液压式的(如各种液压阀和电液伺服阀);气动式的(气闭、气开式阀门等)。它们有各自的应用场合,一般工业环境中经常采用电动式的,而对于一些特殊的工业环境(如易燃、易爆),则必须采用防爆式的电动执行机构或液压式、气动式执行机构。有关上述两方面的内容读者可参考“检测技术”和“自动化仪表”方面的资料。

二、软件系统

硬件只有在软件的指挥下才能有条不紊地协调工作,以实现整个系统的预定控制。所谓

软件是指为完成各种功能的计算机程序的总体,它是人的思维在微机控制系统的具体体现。

软件系统由系统软件和应用软件两大部分组成。系统软件一般包括操作系统、监控程序、程序语言系统、编译程序及诊断检查程序。一个微机系统的系统软件通常由厂家连同硬件一起提供。计算机控制系统设计者的任务就是,根据系统的功能和规模,正确地配置系统软件。系统规模不同、功能不同,需要配置的系统软件相差很大。对较大复杂的系统一般要配置实时操作系统,而对小规模的系统,至少要有最初级的监控程序。应用软件是指为实现各种控制功能和控制目标而由用户设计的专用程序,如根据控制算法而编制的自动调节程序。由于应用程序的编制直接与微机控制系统的硬件结构和生产过程工艺以及控制算法密切相关,因此,应用程序的设计必须由微机控制系统设计者来完成。

§ 1—3 计算机控制系统的典型应用

现从应用特点和要达到的控制目的这一观点来简述目前广泛应用的几种计算机控制系统。

一、数据采集与操作指导系统

该系统实现的功能是实时数据采集与数据处理,并根据预定的要求显示和打印有关数据与状态。当系统发生故障或出现异常时给出声光报警信号,系统框图如图 1—3—1 所示。因此,操作人员可借助该系统有关外设对生产过程的运行情况进行集中监视。同时,计算机根据给定的控制算法计算各控制量的操作参考值,并通过显示和打印设备指导操作人员对整个生产过程进行控制操作。由于计算机不直接参与对生产过程的控制,而只是给出操作指导数据,由操作人员根据实际运行情况自行决定是否执行,因此,该系统最大的优点是不危及系统的安全,具有一定的灵活性。而暴露出的最大缺点也正是由于采用人工操作,使控制操作实时性差,特别是对多回路控制无法保证同步控制。

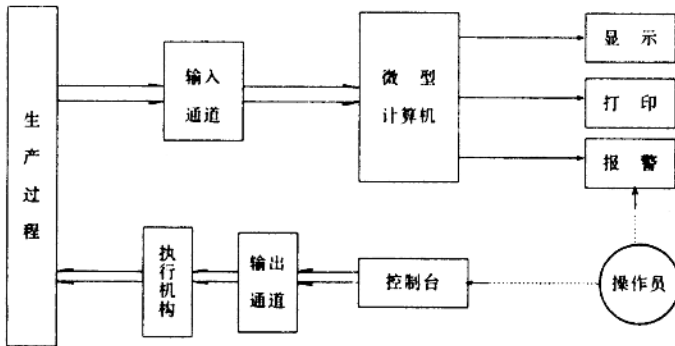


图 1—3—1 数据采集与操作指导系统

数据采集与操作指导系统是计算机控制系统的一种初级应用形式,属于在线开环控制方式。该系统可作为数据采集系统独立应用,又是微机控制系统必不可少的组成部分。它可为试验和优化数学模型、探索新的控制规律、调试和完善新的控制程序、培训技术人员、积累系统的运行经验和资料,为研究和开发更复杂的新系统创造条件。因此,国内外在计算机应用于生产过程控制的初级阶段和研制新系统的初期,大都首先采用这一系统。

二、直接数字控制系统(DDC 系统)

直接数字控制系统 DDC(Direct Digital Control)是用计算机实现的一种闭环控制系统,于 60 年代研制成功。其特点是,用一台微型计算机通过过程通道,完成数据采集、数据处理、系统调节(控制算法),并直接操纵控制生产过程。其系统框图如图 1—3—2 所示。

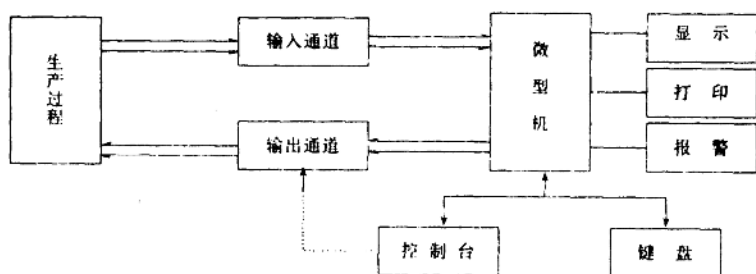


图 1—3—2 直接数字控制系统

由微机代替原系统中大量的模拟调节器,用软件灵活地实现各种复杂的控制规律,不但提高了控制质量,而且使之具有很强的适应性。该系统要求有一个功能比较齐全的操作控制台,以利于操作人员对整个系统进行集中监视和操纵控制,借以改变设定值,调整超限值,检查过程参数,调整控制算法中的有关参数,变更控制方式等。

直接数字控制系统是一种集中型的控制系统,该系统在应用初期主要是从经济观点出发,使计算机控制规模尽可能大。采用一台计算机对整个生产过程进行集中控制和监视,这正暴露了该系统的最大弱点:“控制高度集中”必然带来“危险高度集中”,一旦计算机出现故障,整个系统便处于失控状态,这将给生产造成严重后果。为此,除要求计算机具有非常高的可靠性外,不得不设置备用系统,这使经济上又不尽合理。然而,直接数字控制系统是工业过程控制中应用最普遍,技术最成熟的一种控制系统,也是其它复杂控制系统的基础,特别是廉价可靠的微型机出现后,给这一系统的推广应用注入了活力。本书重点讲述单机组成的直接数字控制系统。

三、监督控制系统(SCC 系统)

监督控制系统 SCC(Supervisory Computer Control)是在操作指导系统和直接数字控制系统的基础上发展起来的。该系统的特点是由上位监督控制计算机根据生产过程的工艺要求及实时采集的数据,按照给定数学模型和控制算法算出最佳给定值,直接整定模拟调节器或 DDC 计算机的设定值。从而使生产过程始终处于最优工况。这种设定值的调整是自动进行的,避免了操作指导系统中人工操作带来的人为因素影响。其系统框图如图 1—3—3 所示。

该系统特别适合于企业的技术改造和更新换代,既可利用原系统的模拟调节器构成 SCC 系统,又可分期分批建立 SCC+DDC 二级计算机控制系统,不但可以实现对生产过程的实时控制,而且还可兼做一些生产管理工作。因此,这是一项投资不大而见效较快的措施。该系统灵活性大,适应面广,可实现各种控制规律,如顺序控制、PID 控制、最优控制和自适应控制。SCC 系统的控制效果主要取决于所选取的数学模型和控制算法。因此,要求 SCC 计算机有较强的功能,足够大的存贮容量及丰富的系统软件支持。由于涉及系统建模和优化设计等复杂

问题, SCC 系统的研制开发的工作量很大。

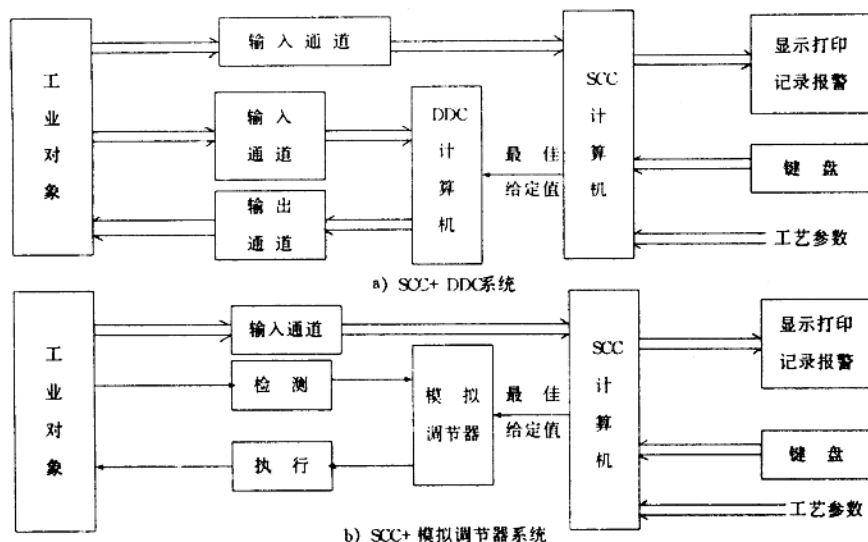


图 1-3-3 计算机监督控制系统

四、分散型综合控制系统(集散控制系统)和分级控制系统

如前述,采用集中型的计算机 DDC 控制,存在着两个难以解决的问题:一是“控制高度集中”带来“危险高度集中”,不利于系统的安全可靠运行。二是由于控制规模较大难以建立一个理想的数学模型,特别是对大系统和多变量系统尤为困难。因此,变集中型控制为分散型综合控制成为计算机控制技术的一个重要发展方向。

分散型综合控制系统的设计思想是:按照控制功能分割的原则,将多台计算机分散到各生产装置中去,构成 DDC 控制,各计算机只承担某些特定的功能,独立完成局部的控制任务,再由一台功能较强的计算机进行统一管理、集中指挥、协调各计算机之间的工作。这样,就把“集中型”和“分散型”统一为一个整体,兼顾了两者的优点。所以又称为集散控制系统。由于这种控制系统中各计算机只完成小范围的局部控制,功能上相对独立而又可互为备用,局部的故障不致影响全局,因而大大提高了系统的可靠性。同时,在多机系统中采用并行操作,又提高了系统的处理速度,增强了系统功能,降低了造价,方便了维修。而且,由于控制范围的缩小,对建立一个局部的准确数学模型,为确定大系统、多变量控制中的数学模型和控制算法带来方便。通过各局部的协调控制,可以达到总体目标最优。

集散控制系统一般由两级计算机构成,基础级是以微型机为核心的基本控制器,实现 DDC 控制,各基本控制器通过接口装置、高速数据通道与上位监督控制计算机和 CRT 操作站相连,构成一个二级分布式计算机控制系统,各计算机之间通过数据通道进行通信。系统框图如图 1-3-4 所示。由于该系统采用“模块化”结构,系统的组成灵活方便,扩展容易,能满足大、中、小系统的不同要求。1975 年首次推出的几个型式的集散控制系统,通过运行取得明显的经济效益,短短十几年,得到了迅速的发展,已有数十种集散控制系统投入市场,几万个系统投入运行。我国也相继引进了一些系统投入使用。因此,集散系统是今后工业自动化的一个

方向,也是目前工程化比较好的一种多级计算机控制系统。

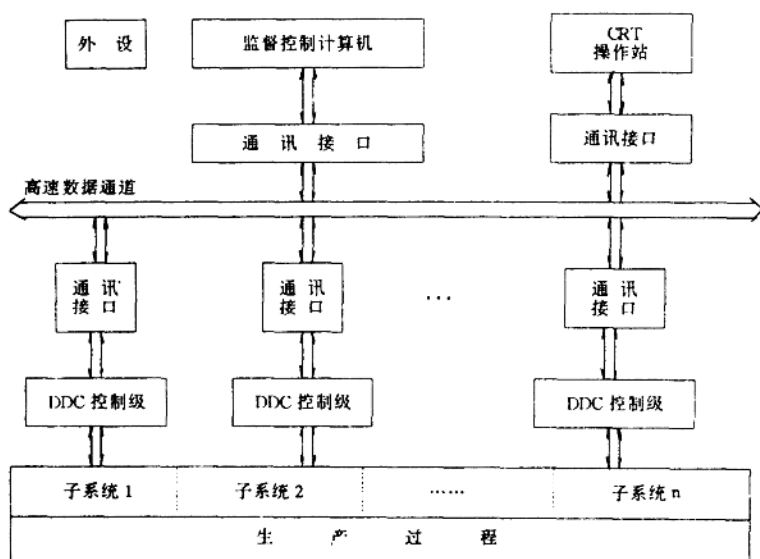


图 1-3-4 集散控制系统结构框图

对一个较大规模的工厂或企业,可以在上述二级计算机控制系统的基础上,增加功能更强的协调管理计算机,构成三级、四级以至五级分级计算机控制系统,各级计算机分别承担不同的任务,实现对整个工厂的管理和生产过程控制,对企业的经营进行优化决策。这就是按照递阶控制原理构成的大系统分级计算机控制系统,它可以大幅度提高综合自动化水平和经济效益。例如对一个大型企业,可以设置公司级、工厂级、车间级和基础控制级(即 DDC 控制机)。以上各级计算机构成计算机通信网络,互相传递有关信息,每一级处理本身所承担的局部控制任务,并由上一级计算机协调。因此,既能保证整个企业的全局优化决策,又能保证各个局部实现最佳控制,使生产管理和生产过程控制均能处于最优工况。这是今后企业进行计算机管理与控制的一个必然发展方向。

习题与思考题

- 1—1 举几个你身边的例子,说明计算机在控制方面的应用,它们都属于哪一类的应用?
- 1—2 何谓计算机控制?它所实现的功能是什么?
- 1—3 计算机控制系统的基本组成是什么?其软件系统和硬件系统具体包括哪些部分?各部分的基本功能是什么?
- 1—4 计算机控制系统有哪些典型应用系统?各具什么特点?
- 1—5 计算机控制技术今后的发展方向是什么?从系统结构和控制算法上如何保证?

第二章 计算机控制系统中的信号特性

计算机控制系统的典型结构如图 2—1—1 所示。图中 A/D 和 D/A 转换器是用来变换信号的。系统的控制过程可归结为两个步骤：

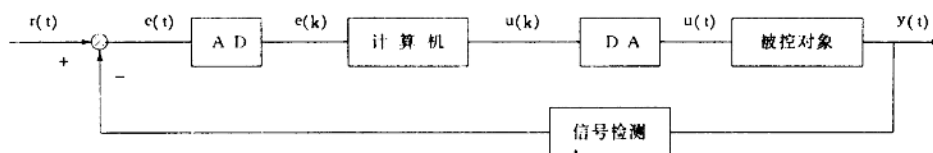


图 2—1—1 计算机控制系统典型结构

(1) 数据采集。对被控参数的瞬时值进行检测，并输送给计算机。

(2) 控制。计算机对采集到的表征被控参数的状态量进行分析，并按预置的控制规律决策，适时地对控制机构发出控制信号。

而从信息观点来看，则可归结为两个过程：

(1) 信息变换。将由输入通道采集到的信息转换为计算机所要求的数字信号，而计算机处理好的数字信息由输出通道转换为被控对象所要求的控制信号。

(2) 信息处理。计算机将采集的信息进行加工处理、运算判断，得到符合控制要求的数字信息。

由于信号是信息的载体，是可以观测的物理量，以它来讨论计算机控制系统工作情况，其内部的各种信号：连续信号、采样信号和数字信号等的物理图象较直观，而对系统中各种信号的变换获取及传输的研究，是正确认识系统运行本质的关键。

§ 2—1 计算机控制系统中的信号变换

从图 2—1—1 可见，计算机控制系统中有三种类型部件：

(1) 模拟部件。如被控对象和信号检测装置，它们一般只接收和处理模拟信号。

(2) 数字部件。如计算机及某些计算机外设，它们只能接收和处理数字信号。

(3) 转换部件。如 A/D 和 D/A，前者将模拟信号转换为数字信号，后者将数字信号转换为模拟信号。

系统中模拟部件、数字部件的输入输出信号本质不变，如被控对象输入输出是模拟信号，计算机的输入输出都是数字信号。而模数转换器 A/D 和数模转换器 D/A 的输入信号和输出信号则是不同。因此，计算机控制系统中信号变换主要是讨论 A/D 和 D/A 的信号转换。

模数转换器的功能是将输入的模拟信号（时间上的连续量）转换成一个数字信号（数字代码）。它本质上是一个编码器。模数转换过程事实上经历了采样、保持、量化、编码等四个步骤，相应的信号如图 2—1—2 所示，这些步骤实现往往是合并进行的。例如，采样和保持由同